Classificação e Especificação dos Instrumentos

Resumo

O presente trabalho mostra, ao nível de fabricação, especificação e uso, os cuidados especiais a serem tomados, relacionados com a proteção industrial e com a corrosão dos instrumentos aplicados ao controle de processos tradicionais e marginais. Serão detalhados os casos com envolvimento de sua classificação elétrica e de temperatura, classificação mecânica do invólucro, escolha de materiais resistentes à corrosão apresentada pelo ambiente e pelo processo e os cuidados extras relacionados com a manipulação de produtos especiais, tais como oxigênio, hidrogênio, cloro e enxofre.

Abstract

This paper provides an overview of the problems faced by manufacturers, designers and end users in dealing with instrument classification and corrosion. To understand what we are dealing with, we will see electrical and temperature classification of instruments suitable with the hazardous locations, mechanical classification of the enclosures for protection from environments, instrument corrosion with the approaches to eliminate the concerning problems, extra features for instruments applied in special process handling Oxygen, Hydrogen, Chlorine and Sulfide.

1. Introdução

Nos Estados Unidos da América, o assunto que envolve segurança e saúde ocupacionais é de lei. Em 29/12/70 foi promulgada pelo Congresso a lei publica 91-596 do OSHA (Occupational Safety and Health Act). Este ato define o local seguro para todos os americanos trabalharem nele. O OSHA afeta todos profissionais envolvidos em projeto. Os engenheiros, arquitetos e construtores de equipamentos e prédios devem incluir em seus planos e projetos tudo que deva satisfazer as normas de segurança e saúde, a fim de evitar as penalidades pelo seu não cumprimento. As penalidades podem ser as de refazer os projetos, alterar prédios e equipamentos já acabados, pagar pesadas multas financeiras e até fechar plantas. O OSHA compreende sete grandes áreas: local do trabalho, maquina e equipamentos, materiais, empregados, fontes de energia, processos e regras administrativas. O OSHA incorpora as normas existentes elaboradas por outras organizações privadas ou governamentais, como NFPA (National Fire Protection Association), ANSI (American National Standards Institute) API (American Petroleum Institute), ASME (American Society of Mechanical Engineers), ASTM (American Society for Testing and Materials), NEMA (National Electrical Manufacturers Association), AEC (Atomic Energy Commission) e outras.

O autor se sentirá gratificado e terá justificada a feitura deste trabalho, se a partir dos problemas aqui levantados, as instituições competentes (em todos os sentidos) passassem a trabalhar de modo que também no Brasil, fosse proporcionado o local seguro para todos os brasileiros trabalharem nele.

2. segurança e saúde na instrumentação

De um modo simplificado, o instrumento é construído por um fabricante, especificado por uma firma de engenharia e aplicado pelo usuário final. Quando se considera essa cadeia de eventos: fabricação, especificação e uso do instrumento, há cuidados que devem ser considerados para garantir a integridade e funcionamento do instrumento. Deve ser entendido e aceito que um instrumento, antes

de desempenhar sua função desejada, deve sobreviver. Nenhum amontoado de sofisticação na sua fabricação ou especificação compensa a incapacidade do instrumento viver em um ambiente hostil.

Há duas razões fundamentais para justificar a harmonia de cooperação na fabricação, especificação e uso do instrumento: segurança e economia.

A segurança de um local pode ser comprometida com a simples presença de um instrumento. É o caso do uso de um instrumento elétrico de uso geral, em um local onde existe um gás inflamável ou explosivo. Em casos menos aparentes, um processo pode falhar ou se romper, por causa de um instrumento mal especificado. Essa ruptura pode desprender alguma coisa indesejável às pessoas ou aos equipamentos que estejam próximos, tais como pressão, vapor, gás tóxico, liquido corrosivo ou pó explosivo. Isso pode provocar mortes, danos físicos, perda de materiais e de equipamentos.

O instrumento, em virtude de sua natureza funcional, pode ser o elo mais frágil em uma linha de processo, com relação à capacidade de conter o processo rigoroso e resistir à corrosão.

A economia, embora menos visível, é também fundamental. É quase impossível colocar em números o quanto custa a corrosão do instrumento. Porem, é fácil entender que ela custa a todos. A corrosão custa ao fabricante, em termos de vantagem de competição, ela custa ao usuário final em termos de manutenção, paradas forcadas, mau funcionamento do instrumento e pobre eficiência do processo e finalmente, ela custa ao consumidor por causa do maior custo final do produto.

2. Classificação elétrica do instrumento

2.1. Classificação de área

De um modo geral, diz-se que uma área industrial é perigosa quando nesse local é processado, armazenado, transportado e manuseado material que possua vapor, gás ou pó inflamável ou explosivo. Como isso é vago e pouco operacional, classifica-se uma área perigosa considerando todos os parâmetros relacionados com o grau de perigo, atribuindo-lhe números e letras relacionados com Classe, Grupo e Zona (Divisão).

A Classe da área se relaciona com o estado físico da substancia: gás (I), pó (II) e fibras (III).

O Grupo é uma subdivisão da Classe. Ele é mais especifico e agrupa os produtos de mesma Classe, levando em consideração as propriedades químicas relacionadas com a segurança: temperatura de auto-ignição, nível de energia necessário para a combustão, mínima corrente e tensão elétricas de ignição, velocidade de queima de chama, facilidade de vazamento entre espaçamentos, estrutura química, pressão final de explosão, etc.

Zona expressa a probabilidade relativa do material perigoso estar presente no ar ambiente, formando uma mistura em concentração perigosa.

As normas européias e a futura brasileira se referem a três zonas: Zonas 0, 1 e 2. As normas americanas se referem à Divisão e definem apenas duas áreas: Divisão 1 (Zonas 0 + 1) e Divisão 2 (Zona 2). Zona 0 é um local onde a presença do gás perigoso é praticamente constante ou 100%.

Tipicamente, é o interior de um tanque ou de uma vaso. Zona 1 é um local de alta probabilidade relativa de haver gás. É um local onde pode existir o gás, mesmo em condição normal de operação do processo. Zona 2 é um local de pequena probabilidade relativa da presença do gás. É um local onde a existência do gás só ocorre em condição anormal do processo, como ruptura de flange, falha de bomba. Mesmo que a probabilidade da presença do gás seja pequena, Zona 2 é ainda uma área perigosa. O local que não é nem Zona 0, 1 ou 2 é por exclusão e definição, área segura. Exemplo clássico de área segura é a sala de controle. Porem, há normas relacionadas com as condições interiores da sala de controle para garantir sua segurança. Essas normas estabelecem e exigem a pressurização da sala, vedação das portas e janelas, selos nos cabos que se comunicam com as áreas classificadas, ventilação e temperatura adequadas.

A classificação de área é de responsabilidade exclusiva do usuário final, pois apenas ele pode garantir a observância de normas de operação, manutenção, bem como de fazer inspeções periódicas no local.

O conhecimento da classificação da área é fundamental e é o ponto de partida para a especificação correta dos instrumentos. A especificação do instrumento, encaminhada do fabricante pela firma de engenharia ou pelo pessoal do processo da planta, deve determinar claramente qual a classificação do

local onde será montado o instrumento: Classe, Grupo e Zona.

2.2. Instrumento elétrico

Na pratica e no presente trabalho, instrumento elétrico e eletrônico possuem o mesmo significado. Instrumento elétrico é todo aquele que, por algum motivo, recebe uma alimentação elétrica. Geralmente são alimentados com 110 V, ca ou 24 V, cc. O sinal padrão de transmissão em corrente é de 4-20 mA cc. Em instrumentação, há ainda circuitos que envolvem termopares, resistência para determinação de temperatura, células de carga, eletrodos de pH. São circuitos que geram sinais de milivoltagem continua e que são polarizados com tensões de alguns volts contínuos.

Para efeito de classificação elétrica, o enfoque é mais amplo. Por exemplo, um registrador pneumático ou mecânico, com acionamento elétrico do gráfico é considerado como instrumento elétrico. Quando se incorporam alarmes acionados eletricamente por chaves a instrumentos mecânicos ou pneumáticos, também se muda sua classificação para elétrica. Finalmente, a opção extra de aquecimento elétrico, quando se tem, o risco de congelamento ou quando se quer reduzir a viscosidade do fluido de enchimento, torna-se o instrumento envolvido em elétrico. Como conclusão, instrumento elétrico é todo aquele que incorpora um circuito funcional ou auxiliar de natureza elétrica.

2.3. Classificação de temperatura

A eletricidade, por causa do efeito Joule, pode provocar aquecimento. A alta temperatura, por sua vez, pode se constituir em fonte de energia, capaz de inflamar ou provocar explosão de determinada mistura ar + gás perigoso. Em vista desses fatos, todo instrumento elétrico deve também possuir uma classificação de temperatura. A classificação de temperatura está relacionada com a máxima temperatura que a superfície ou qualquer componente interno do instrumento pode atingir, em funcionamento normal, quando a temperatura ambiente é de 40oC.

Foram estabelecidas e definidas seis classes de temperatura: T1 (450o.), T2 (300oC), T3 (200oC), t4 (135oC), T5 (100oC) e T6 (80oC). A classe de temperatura do instrumento deve ser marcada na sua plaqueta de identificação. Equipamentos cujas superfícies ou componentes não excedem a 100oC não necessitam de marcação explicita (Classes T5 e T6).

Para se usar um instrumento elétrico em área perigosa é importante se comparar sua classe de temperatura com a mínima temperatura de auto-ignição do gás presente. É obvio que a máxima temperatura alcançada pelo instrumento deve estar abaixo da mínima temperatura de auto-ignição do gás presente. A norma brasileira (ABNT EB 239) estabelece que a temperatura máxi ma que o instrumento pode alcançar deve ser igual ou menor que 70% da mínima temperatura de ignição do gás inflamável.

2.4. Classificação do instrumento

O instrumento elétrico, mesmo de uso geral em área segura, deve prover proteção pessoal contra choque elétrico, contra efeito de temperatura excessiva, contra propagação de fogo, contra os efeitos de explosão ou implosão, contra os efeitos de ionização e radiação de microondas, pressão de ultra-som. Um instrumento elétrico para uso em área perigosa deve prover todas as proteções dos instrumentos de uso geral mais a proteção contra a ignição da atmosfera externa.

Qual a classificação da área, quais as normas aplicáveis e qual a aprovação da agencia de teste: tudo isso deve ser definido e informado para a compra de um instrumento elétrico.

Há vários tipos de proteção para evitar que um instrumento elétrico provoque ignição ou explosão de misturas gasosas perigosas. Qualquer proteção é aceitável, desde que o instrumento seja adequadamente instalado e todas as instruções mencionadas nos certificados e relatórios sejam seguidas. Deve ser levado em conta que a classificação elétrica do instrumento deve garantir que a sua simples presença não compromete a segurança do local. As normas de segurança nada dizem, nem poderiam dizer, acerca do funcionamento operacional do instrumento de controle.

Fundamentalmente, há duas grandes categorias de proteção:

1) Há explosão, porem a explosão é confinada ou controlada no interior do instrumento, de modo que não se propaga para o seu exterior. Por exemplo, prova de explosão (ou prova de chama).

2) Não há explosão. Nesse caso, pode se evitar a explosão ou cuidando-se da mistura gasosa (purga/pressurização) ou cuidando-se da fonte de energia (segurança intrínseca e não-incenditivo).

2.4.1. Prova de explosão ou prova de chama

Prova de explosão (linguagem norte americana) ou prova de chama (linguagem européia) é uma técnica de proteção alternativa que permite a ocorrência de uma explosão no interior do instrumento. Porem, o invólucro do instrumento é tão resistente que a explosão fica confinada no seu interior.

De outro modo, o instrumento à prova de chama possui aberturas de escape de modo que, quando houver um incêndio no seu interior, a chama é resfriada quando vai para fora. Embora os enfoques sejam diferentes, o resultado final é o mesmo: a explosão e/ou a chama no interior do instrumento não se propagam para a área externa. Em qualquer situação há segurança, o instrumento continua operando normalmente, sem interrupção, mesmo com a ocorrência de explosão ou chama no seu interior. instrumento não é, nem pode ser, totalmente vedado e contém em seu interior um circuito elétrico perigoso. As superfícies do instrumento que estão em contato direto com a atmosfera inflamável exterior devem ter a máxima temperatura abaixo da temperatura de ignição da mistura gasosa especifica. A prova de explosão é uma técnica geralmente aplicada a instrumentos ou equipamentos de pequeno volume físico. Extensivamente, pode ser aplicada a motores, luminárias, conexões. O instrumento deve ter uma marcação que o identifique como tal. Deve ainda haver advertências relacionadas com a operação e manutenção do instrumento. O instrumento à prova de explosão só pode ser aberto ou desligado eletricamente ou quando se garante, por analisadores locais, que não há a presença do gás perigoso no local de montagem do instrumento.

Um instrumento à prova de explosão pode ser usado normalmente em Zona 2 em todas as Classes e Grupos e em Zona 1, com algumas restrições de Grupos. Não se pode usar instrumento à prova de explosão em Zona 0.

2.4.2. Purga ou pressurização

Na pratica e para efeito de proteção, purga (vazão) e pressurização (pressão) possuem o mesmo significado. A proteção é conseguida pela aplicação de uma pressão positiva em relação à pressão externa, através da vazão de um gás inerte ou ar puro, no interior da caixa do instrumento. Esta pressão interna positiva impede a entrada dos gases perigosos existentes na atmosfera circundante. A pressurização impede o contato da mistura perigosa com a fonte de ignição. A pressão aplicada é da ordem de 5 a 10 mm de coluna d'água.

Um instrumento com purga pode ser usado em Zona 1 ou Zona 2, dependendo do tipo do circuito interior, se de uso geral ou não-incenditivo. Dependendo da Zona do local e do tipo do circuito interno, são necessárias salvaguardas adicionais ao sistema de pressurização, tais como, chaves de desligamento com abertura da porta, temporizadores, portas trancada, fusíveis, pressostatos.

A técnica de purga/pressurização pode ser aplicada a instrumentos de grande volume, onde a técnica de prova de explosão é impraticável.

2.4.3. segurança intrínseca

Um sistema intrinsecamente seguro é constituído pelo equipamento e sua respectiva fiação, onde a energia elétrica ou térmica é insuficiente para provocar a ignição ou explosão de uma mistura gasosa especifica, em condições normais e anormais determinadas. A segurança intrínseca inclui considerações combinadas de limitação de voltagem (diodos Zener), limitações de corrente (resistores e fusíveis) e máxima indutância e capacitância reais e parasitas da carga e da fiação. O sistema se baseia na colocação de barreira de energia elétrica entre o local seguro e o local perigoso. Desse modo, o sistema inclui equipamentos montados na área perigosa e alguns equipamentos (geralmente a barreira de energia) montados na área segura. No sistema podem ser combinados instrumentos de fabricantes diferentes, porem, todos os equipamentos com aprovação devem ter certificados do mesmo laboratório de teste.

Pelo próprio principio, o conceito de segurança intrínseca só se aplica a sistema de instrumentação de controle de processo e de comunicação, que naturalmente podem operar com baixo nível de energia. Os instrumentos intrinsecamente seguros podem ser montados em Zona 2, Zona 1 e até Zona 0.

Os instrumentos com classificação de segurança intrínseca devem ter marcação que os identifique como tais. Na plaqueta de aprovação deve haver a recomendação de que a segurança pode ser perdida com a substituição não criteriosa de alguns componentes críticos.

2.4.4. Não-incenditivo e outros

Um circuito não-incenditivo pode conter componentes que produzam faísca em condições normal, porem, a energia entregue

por tais componentes é limitada a valores incapazes de provocar ignição na mistura perigosa especifica. O circuito não-incenditivo só é seguro em condição normal de operação. O instrumento não-incenditivo só pode ser usado em Zona 2, sem restrições. Quando usado em Zona 1, deve ser pressurizado com gás inerte.

Circuito não-faiscadores contem componentes que não produzem faísca em operação normal. Isso é conseguido através de encapsulamento de componentes, imersão em óleo.

Circuito com segurança aumentada envolvem componentes de equipamento com selagem, encapsulamento, dupla isolação, espaçamentos maiores que os normais, resistência à corrosão e controle de qualidade mais severo e individual.

2.4.5. Critérios da classificação elétrica

A classificação elétrica do instrumentos deve ser compatível com a classificação do local perigoso. Um principio básico comum a todos os tipos de proteção e aceito por todos é o de que há segurança quando e somente quando são providos dois eventos independentes, cada um de baixa probabilidade, entre a probabilidade de haver a presença do gás perigoso com a probabilidade de falha do equipamento elétrico.

Desse modo, há segurança nos seguintes casos combinatórios:

1) Local seguro (probabilidade zero de haver gás perigoso) com um instrumento de uso geral (probabilidade 1 de haver fonte perigosa).

2) Local de Zona 2 (pequena probabilidade de haver gás) com um instrumento não incenditivo (pequena probabilidade de falhar).

3) Local de Zona 1 (grande probabilidade de haver gás) com um instrumento intrinsecamente seguro (só se torna inseguro quando houver duas falhas independentes e de pequena probabilidade individual).

4) Local de Zona 1 (grande probabilidade de haver gás) com um instrumento não incenditivo (pequena probabilidade de falha) com pressurização (pequena probabilidade de falha no sistema de pressão).

5) Local de Zona 1 (grande probabilidade de haver gás) com um instrumento de uso geral (grande probabilidade de perigo) com pressurização (pequena probabilidade de falha) e com salvaguarda adicional, tal como colocação de pressostato (pequena probabilidade de falha).

De qualquer modo, em um local com determinada classificação só pode ser montado um instrumento elétrico que possua uma classificação elétrica e de temperatura, marcada em sua etiqueta e compatível com a do local.

Obviamente, um instrumento para Zona 1 pode ser usado em Zona 2, assim como um instrumento para Grupo B pode ser usado em Grupo C e D. Porem, qualquer exagero de classificação do instrumento é inconveniente. Só se deve usar um instrumento com classificação elétrica especial quando exigido, pois a classificação elétrica especial pode custar mais e principalmente, exige cuidados de operação e manutenção mais rigorosos e restritivos.

3. Classificação mecânica

A operação de um instrumento pode ser afetada pela temperatura ambiente, umidade, interferência eletrônica, vibração mecânica e atmosfera circundante. Tipicamente, os instrumentos de medição e controle de processo podem estar montados ou na sala de controle ou na área industrial.

A sala de controle é um local fechado, onde a temperatura e umidade são geralmente controladas através de ar condicionado. O instrumento de campo pode estar totalmente desprotegido ou ter uma proteção rudimentar adicional contra o sol, a chuva ou o vento. De qualquer modo, quando usado no ar livre, a caixa do instrumento fica exposta aos efeitos da luz ultravioleta, da chuva, da umidade, do orvalho, das poeiras, dos respingos dos líquidos de processo e das sujeiras contaminantes que circulam no ar. Eles estão ainda submetidos a grande e rápidas variações de temperatura durante o dia, podendo haver um gradiente de temperatura entre o sol e a sombra do instrumento exposto. Por esses motivos, os invólucros dos instrumentos devem ser de alta qualidade, cuidadosamente testados e precisamente classificados de acordo com normas concernentes, de modo que possam prover proteção contra ambientes potencialmente adversos. Os invólucros dos instrumento, mesmo montados em ambientes nocivos, devem protegê-los, de modo que durem o máximo e que o ambiente não interfira na sua operação.

Existem basicamente duas normas 1,2 para a classificação mecânica dos invólucros dos instrumentos. A escolha de uma delas é função do pais.

3.1. Norma IEC

A norma IEC prove um método de classificar os instrumentos com relação aos ambientes em que eles podem ser usados e os procedimentos de teste para verificar se tal classificação é conveniente. A designação IEC começa com as letras IP (Ingress Protection - proteção de ingresso) e inclui um sufixo com dois números. Opcionalmente, pode ainda conter uma letra suplementar: S, M ou W.

O primeiro digito varia de 0 (não proteção), 1 (proteção contra objetos acima de 50 mm de diâmetro), 2 (acima de 12 mm), 3 (acima de 2,5 mm), 4 (acima de 1 mm), 5 (proteção contra pó) e 6 (vedado a pó).

O segundo digito varia de 0 (não proteção), 1 e 2 (proteção contra gota d'água), 3 (contra pulverização d'água), 4 (contra respingo d'água), 5 e 6 (contra jato d'água), 7 (contra efeitos de imersão em água) e 8 (contra efeitos de submersão em água).

As letras suplementares finais significam: S (teste com equipamento estacionário) e M (teste com equipamento em operação mecânica). A letra W apos as letras IP significa que o equipamento é apropriado para uso em condições de tempo especificadas e possui características adicionais de proteção.

Por exemplo, um instrumento que deva ser à prova de pó e à prova de jato fraco d'água deve satisfazer a designação de IEC IP 55. A colocação de respiradouro para dreno pode alterar a classificação mecânica do invólucro, por exemplo, de IEC IP 65 para IEC IP 55.

É possível haver uma codificação com a omissão de um dos dois dígitos (substituído por X). Por exemplo, IEC IP X5 significa que o instrumento é protegido apenas de jato d'água. Outro exemplo, IEC IP 5X é uma proteção apenas contra pó.

3.2. Norma NEMA

A norma NEMA prove outro método de classificação do invólucro do instrumento para indicar os vários ambientes para os quais o instrumento é adequado. A norma cobre os detalhes de construção e os procedimentos de teste para verificação se o instrumento está conveniente com a classificação recebida. Todas as designações NEMA requerem invólucros resistentes à ferrugem. Basicamente, há dois locais de uso: interno ou externo. Os dígitos que designam a classe NEMA variam de 1 a 13 e se referem a uso geral, prova de tempo, prova de respingo d'água, resistente à corrosão, resistente à chuva, vedado a pó, vedado à água, vedado a óleo.

Há três descrições chaves, relacionadas com as classes de proteção:

1) PROVA DE - significa que o ambiente não atrapalha o funcionamento ou operação do instrumento. Por exemplo, instrumento à prova de tempo funciona normalmente mesmo quando submetido aos rigores do tempo: vento, umidade, orvalho, etc. Ele não é necessariamente vedado ao tempo, porem, se garante que, mesmo que o ambiente entre no seu interior, ele continua funcionando normalmente.

2) RESISTENTE A - significa que o instrumento não se danifica quando na presença do determinado ambiente. Por exemplo, instrumento resistente à chuva não se danifica quando submetido à chuva.

3) VEDADO A - significa que o instrumento é hermeticamente selado para aquele determinado ambiente. Por exemplo, instrumento vedado a pó evita a entrada de pó no seu interior.

A classificação mecânica não pode ser confundida com a classificação elétrica. Elas são totalmente independentes. Por exemplo, o uso do instrumento em local externo nem sempre é necessário para um local de Zona 1.

Assim como a classificação mecânica de uso externo não assegura que o instrumento possa ser montado em local perigoso. Assim, pode haver qualquer combinação entre as classificações mecânica (uso externo e interno) e elétrica (para uso geral ou classificado) do instrumento.

4. Corrosão dos instrumento

4.1. Tipos de corrosão

De um modo simplificado, a corrosão é o ataque destrutivo sofrido por um material e causado por um produto químico. Os engenheiros de corrosão conhecem de 50 a 60 tipos diferentes de corrosão, embora as diferenças entre alguns tipos sejam mais técnicas do que praticas. Sob o ponto de vista de instrumentação3 são importantes e mais encontradas três modalidades de corrosão: química, galvânica e ruptura por tensão (stress cracking).

A corrosão química é, muito simplesmente, o que o nome implica: o produto químico de ataque dissolve ou reage com o material com o qual ele está em contato direto. Essa é a corrosão que ocorre com as partes molhadas

que estão em contato com o processo industrial.

A corrosão galvânica ocorre quando dois metais diferentes são colocados em contato e expostos a uma solução condutora. O efeito final é a destruição do metal mais reativo e proteção do metal menos reativo. Essa propriedade pode ser usada, beneficamente, para proteção contra corrosão.

A corrosão galvânica pode ocorrer em tubulações com isolação térmica , simplesmente se forem usados dois metais levemente diferentes, por exemplo, aço carbono e aço inoxidável, um para o tubo interno e outro para o externo. A corrosão galvânica pode ainda acontecer entre diferentes partes de um mesmo metal. Ou seja, quando se tem um mesmo material, porem, com diferentes níveis de tensão mecânica, com efeitos térmicos de solda ou de tratamento, com impurezas, pode se ter a corrosão galvânica entre suas partes. A corrosão galvânica é mais importante para as partes do instrumento expostas à atmosfera.

A corrosão por ruptura de tensão é a falha do metal devida à combinação da tensão mecânica e um ambiente corrosivo especifico. Ela é a causa de muitas falhas em ligas metálicas. A corrosão por ruptura de tensão ocorre comumente em materiais metálicos que entram em contato com produtos de exploração de petróleo, óleo ou gás, que possuam enxofre ou acido sulfídrico como impurezas.

4.2. Efeitos da corrosão nos instrumentos

Os resultados da corrosão de um instrumento dependem tanto do tipo da corrosão como do tipo ou função do instrumento. Para efeitos didáticos pode-se dividir em duas grandes categorias as falhas resultantes da corrosão: contenção do processo e funcionais do instrumento.

A válvula de controle e alguns medidores de vazão contem em seu interior o próprio processo a ser controlado,. com todos os seus rigores. Quando tais instrumentos sofrem corrosão, de modo a perder sua integridade física, a linha onde o instrumento está montado certamente vaza produto para o exterior. Os resultados desse tipo de falha podem variar desde um pequeno inconveniente, facilmente reparável, até um prejuízo pessoal, envolvendo fogo e explosão, com perda de vidas e destruição de equipamentos.

As falhas funcionais podem, ainda, ser de dois tipos distintos:

1) perda total da função, exigindo reparo ou substituição do instrumento completo ou 2) perda parcial da função, que pode resultar na queda da eficiência do processo. A falha funcional parcial pode, inclusive, ficar totalmente desconhecida durante grandes períodos de tempo ou degradar continua e vagarosamente a eficiência do processo.

Os fatores que estimulam e aumentam a corrosão são: não homogeneidade dos metais, solda imprópria, acabamento rugoso, tensão mecânica, impureza, maior concentração na solução eletrolítica, solução gasosa na fase liquida, turbulência, uso de metais muito diferentes, presença de oxigênio, maior umidade e mofo. Os fatores que inibem a corrosão são: melhor acabamento, alivio de tensões mecânicas, passivação de metais e revestimento de superfícies e proteção catódica. Alias, a proteção catódica é feita por métodos envolvendo eletricidade e portanto há restrições de aplicação, quando aplicada em área perigosas classificadas.

4.2.1. Partes molhadas em contato com o processo

As partes molhadas pelo processo são geralmente os elementos sensores, selos, poços de temperatura, bulbos, internos das válvulas e o interior de alguns medidores de vazão. As partes molhadas devem suportar temperatura e pressão extremas e devem resistir ao ataque corrosivo dos produtos químicos manipulados. O principal problema é que os produtos de processo aparecem em uma variedade infinita e os materiais de construção não.

Para piorar a situação, a corrosão das partes molhadas geralmente provoca falha do tipo contenção do processo, cuja conseqüência é a pior possível.

Para evitar ou limitar a ocorrência da corrosão, quatro áreas devem ser consideradas: seleção de materiais, procedimento de fabricação, projeto do sistema e inspeção de campo. As partes envolvidas continuam sendo as três já mencionadas: fabricantes, engenheiro de especificação e usuário.

A seleção do material é a mais complexa das áreas a serem definidas, tanto por causa da atribuição da responsabilidade como pelo problema em si.

Pela lei de Paretto, 10 % das aplicações envolvem cerca de 90% dos problemas. Mesmo que isso possa ser considerado uma pequena percentagem, é necessária e suficiente uma única má aplicação para causar

um numero elevado de problemas e grandes prejuízos. O problema da seleção do material poderia parecer de fácil solução, pois todo técnico tem conhecimento de tabelas de corrosão4, que mostram como se comporta um determinado material na presença de certo produto químico. Seria apenas uma fácil e simples questão de casamento do processo com o material do instrumento. Infelizmente as coisas não ocorrem de modo tão simples., É difícil o próprio conhecimento do processo real. Certamente se conhece o principal produto, porem, há sub produtos, contaminantes variáveis com o tempo e o lugar, há diferenças de composição da matéria prima, há diferentes fornecedores de materiais, há variações não controladas de pressão e temperatura. O material para um simples tanque é selecionado considerando-se a corrosão tolerável durante toda sua vida útil. As coisas se complicam quando se seleciona material das partes de um instrumento. Os materiais devem ser resistentes à corrosão e paralelamente devem satisfazer as necessidades funcionais, tais como resistência mecânica, constante de mola, flexibilidade, ductilidade e elasticidade. Muitas vezes, se reconhece que determinado material é o mais indicado para uma aplicação corrosiva, porem, ou ele não é processável ou suas propriedades inerentes não satisfazem a tarefa a que seria destinado.

Depois de escolhido o material mais adequado, os procedimentos de fabricação envolvem tratamentos térmicos, manipulação física das pecas, com cortes, usinagem e acabamento que podem estimular ou inibir a corrosão.

A responsabilidade da escolha do material, porem, é do usuário final.

O fabricante não tem nenhum controle sobre o que acontece aos instrumentos depois que eles são entregues ao usuário. Apenas o usuário final tem condições de fazer as sucessivas inspeções aos equipamentos, essenciais à garantia da integridade dos instrumentos.

4.2.2. Materiais de revestimento

Além do material de fabricação, é interessante a aplicação de materiais de revestimento. É uma pratica comum o revestimento de cápsula de transmissor, por causa de um dos seguintes motivos: 1) proteção contra corrosão provocada pelo fluido do processo ou 2) proteção contra aderência e deposição dos produtos sólidos, também provocada pelo fluido do processo.

Um produto típico para revestimento de superfícies de contato é o RYTON (Phillips Petroleum Co) porque apresenta uma boa resistência à corrosão e tem a habilidade de formar uma película fina, não porosa. Em algumas aplicações que envolvam fortemente oxidantes, tais como flúor, cloro, acido nítrico, o RYTON não é recomendado. A alternativa ideal é o uso de KEL-F (M.W. Kellogg) para finas de corrosão. KEL-F é um polímero de trifluoretileno. O revestimento de Teflon (E.I. Du Pont de Nemours) é excelente para aplicações onde se quer evitar a deposição de materiais lodosos. Embora o Teflon seja inerte à maioria dos produtos corrosivos, o seu revestimento não é adequado para proteção da corrosão da cápsula, por causa da dificuldade de se conseguir uma camada fina e não porosa.

4.2.3. Partes expostas ao ambiente

O invólucro do instrumento deve ser de um material que resista à corrosão ambiental e também deve prover as necessidades estruturais. O invólucro é sempre protegido pelo seu próprio acabamento. superfícies polidas resistem melhor à corrosão que as rugosas. A tendência atual para materiais de caixa de instrumentos é na direção dos plásticos. O plástico tem demonstrado um desempenho satisfatório em vários ambientes nocivos. Muitos técnicos ainda pensam, erradamente, que os invólucros à prova de explosão devam ser metálicos. também é muito comum a associação das vantagens do metal com as do plástico: tem-se uma caixa metálica, excelente para fins estruturais, revestida com produto plástico, adequado para resistir à corrosão química.

As partes internas do instrumento apresentam problemas diferentes daqueles das partes em contato com o processo e da caixa do instrumento.

Embora as pecas internas do instrumento não estejam submetidas às condições desfavoráveis do ambiente externo e do processo, elas possuem uma função muito mais importante. Assim, a corrosão da tampa ou mesmo do corpo de um transmissor provavelmente não afetará sua operação, enquanto que uma leve deposição de material orgânico na sua cápsula ou no seu conjunto bico-palheta, pode introduzir erros grosseiros de medição ou transmissão.

Geralmente, não se pode usar revestimento de proteção nas partes internas do instrumento. Barras de forca, elos de ligação, foles, conjuntos bico-palheta, molas, flexores, fulcros de apoio, todas essas pecas não podem ter

nenhum tipo de revestimento que lhes daria maior resistência à corrosão, por causa de suas funções associadas ao principio de funcionamento.

A resistência dessas pecas é provida apenas pelo material e seu acabamento.

4.2.4. Instrumentos pneumáticos

Do ponto de vista de corrosão, os instrumentos pneumáticos levam vantagem nítida sobre os correspondentes instrumentos eletrônicos. A razão é simples: há sempre um suprimento de ar puro ao instrumento, geralmente suficiente para manter a sua caixa purgada dos materiais contaminados externos. Mesmo assim, quando aplicável, é necessária a seleção de materiais especiais, principalmente dos elementos sensores.

Algo que deve ser considerado é a tubulação de interligação do sistema pneumático. Os instrumentos pneumáticos são alimentados e interligados por tubos, tipicamente de cobre (caro, porem mais fácil de ser trabalhado) aço inoxidável, aço carbono ou plástico.

A presença de um instrumento pneumático não compromete a segurança, quando usado em locais perigosos. Não faz sentido, por exemplo, associar o instrumento pneumático puro com o conceito de prova de explosão.

4.2.5. Instrumentos eletrônicos

A corrosão ocorre em muitas áreas da instrumentação eletrônica. Ela pode ocorrer na isolação dos cabos, nos contatos elétricos, nos conectores e chaves. Os componentes passivos e ativos podem se deteriorar, por causa da corrosão através de seus encapsulamentos ou terminais. Os circuitos impressos, usados para suportar e interligar os componentes, podem ser corroídos, principalmente por respingos e ataque de produtos químicos.

A corrosão do circuito impresso pode provocar, inclusive, a pior falha possível: a falha intermitente. Esta falha é aquela prevista pela lei de Murphy: ela não aparece na hora do teste e manutenção mas somente quando o instrumento está em operação e provoca prejuízo ao processo.

Os primeiros instrumentos eletrônicos apresentam uma proteção inerente à sua natureza: fonte de calor no seu interior. Essa fonte de calor natural tornava baixíssima a umidade relativa do ar dentro do instrumento.

Infelizmente, o progresso do uso de circuitos integrados a semicondutores reduziu tremendamente a potencia dos circuitos, aumentou sua versatilidade e eficiência, porem tirou a maior proteção à corrosão do circuito, que era o calor. A proteção dos circuitos eletrônicos, componentes, circuitos integrados, circuitos impressos e contatos, nas condições do processo é um grande desafio. Há soluções mecânicas: uso de ouro em contatos de precisão e há soluções eletrônicas: uso de chaves estáticas a semicondutores e sem contatos moveis. O encapsulamento dos componentes críticos torna o modulo encapsulado inerte a muitas atmosferas nocivas, alem de diminuir a influencia da umidade e da temperatura ambientes. É uma boa pratica de proteção o revestimento de todo o circuito eletrônico da placa5. Há vários materiais apropriados para tal revestimento: silicone, epóxi e poliuretano. Quando seco e curado, tal revestimento é transparente, estável e resistente à abrasão e à corrosão de vários produtos. A escolha do produto, a espessura e o numero de camadas protetoras são funções do tipo do ambiente, da umidade relativa e da temperatura.

Em locais de alta temperatura ambiente e elevada umidade relativa, como nos trópicos, fala-se da tropicalização do circuito eletrônico. Este termo nunca foi claramente definido e historicamente, foi primeiro usado em equipamentos militares. Na tropicalização, nenhum componente é modificado ou protegido individualmente, mas a placa do circuito é totalmente revestida por uma resina de poliuretano. Tal resina é transparente, inerte à umidade e principalmente, não nutriente para fungos.

A principal desvantagem de todos esses revestimentos de proteção e tropicalização aparece quando se faz manutenção. Geralmente, é necessário destruir parte do revestimento durante a manutenção. Obviamente, deve se ter cuidado na remoção da proteção, para não se danificar o circuito impresso, principalmente quando se usa ferro de solda de grande potencia.

Depois da manutenção, é necessária nova aplicação do revestimento para recuperar a proteção ou tropicalização do circuito.

As vezes se usa ventilador externo para a dissipação de calor de alguns equipamentos, como a fonte de alimentação. Nessas aplicações, deve se anular a possibilidade do ventilador ser um agente concentrador de impurezas e causador de corrosão aos componentes do circuito. É recomendado o uso de um sistema de alarme, para indicar a falha do ventilador.

Outra pratica para diminuir os efeitos do ambiente industrial é a fabricação de duas caixas de ligação nos transmissores eletrônicos. Uma caixa aloja o circuito eletrônico e raramente é aberta no campo. Na outra, separada da primeira caixa, há o bloco terminal de ligações, onde se requer maior numero de aberturas para a manutenção. Ambas as caixas são seladas e vedadas à entrada de umidade e de atmosferas corrosivas.

Deve ser entendido que uma caixa vedada à entrada de umidade, o é também para a saída de condensados. Se por algum motivo houve entrada de água no interior da caixa, essa água ficará retida no instrumento e certamente interferirá no seu funcionamento. A solução é proteger a entrada de água, através de selos nos conduítes de ligação e da tampa. Quando a entrada da água é causada pela remoção da tampa do instrumento, a recomendação é o uso de sílica gel no interior da caixa, que deve ser renovada periodicamente. Outra alternativa é a de se fazer a manutenção do instrumento em horários com menor umidade relativa, tipicamente no começo e no fim do dia.

5. Processos marginais

5.1. Serviço com oxigênio

O oxigênio puro, quando na presença de traços de óleo e poeira, pode provocar incêndio. Por isso, qualquer equipamento que possa entrar em contato direto com o oxigênio deve ser manipulado em sala especial de limpeza. O instrumento é limpo, montado, calibrado e embalado em condições de limpeza especiais. Suas pecas de reposição são empacotadas individualmente em sacos de polietileno e são manuseadas sempre com luvas de polietileno. O material de limpeza usado normalmente é o tricloroetileno. Adicionalmente, alem da ausência de lubrificação, quando a cápsula do transmissor possui liquido de enchimento, deve se cuidar da natureza desse liquido. O fluido normal de enchimento é o silicone DC 200 (Dow Corning). Quando há a possibilidade de vazamento ou entrada de contato do silicone com um meio oxidante (oxigênio, cloro, acido nítrico, e.g.) deve se usar um fluido especial, totalmente livre de hidrogênio. Recomenda-se o uso de FLUOROLUBE (Hooker Chemical), que é um polímero de cloreto de trifluorvinil. Esse novo liquido de enchimento, embora apresente segurança, sob o ponto de vista de medição apresenta uma grande variação da viscosidade com relação à variação da temperatura do processo e ambiente. Assim, seu uso é recomendado para faixas de temperatura de -20oC a +10oC e em condições aceitáveis entre +10oC e +45oC.

5.2. serviço com hidrogênio

O gás hidrogênio puro, em alta pressão estática, é uma aplicação difícil, pois ele é capaz de vazar através de diminutos buracos e através de pares finíssimos. Em aplicação com pressão acima de 20 kg/cm2, o hidrogênio pode vazar diretamente através da parede do diafragma de aço inoxidável de um transmissor. Quando se remove ou se reduz a pressão estática do processo, o hidrogênio difuso no interior da cápsula danifica-a.

O método de proteção é revestir a superfície do diafragma da cápsula com uma finíssima camada de ouro. A nova superfície criada prove um potencial eletroquímico suficiente para aumentar a dissociação e adicionalmente, oferece uma estrutura mais densa que dificulta a difusão do íon H+.

Estatisticamente, uma cápsula de aço inoxidável normal, submetida à pressão de 20 kg/cm2, em atmosfera de hidrogênio dura cerca de 1 a 5 semanas.

Quando, nas mesmas condições, usa-se uma cápsula de aço inoxidável revestida de ouro, a duração da cápsula passa para vários anos.

O revestimento de ouro representa a melhor solução disponível para a aplicação de hidrogênio. Porem, sempre deve se ter bem claro tal revestimento não é por questão de corrosão, mas apenas impedir ou diminuir grandemente a penetração do hidrogênio no interior da cápsula.

5.3. serviço com cloro

O cloro, nas condições ambientais de temperatura e pressão, é um gás pesado, de cheiro pungente, verde-amarelo (patriota?), altamente tóxico aos animais de sangue quente. É um forte agente oxidante.

Para efeito de manipulação e corrosão, o cloro seco é bem comportado.

Tipicamente, o cloro seco é armazenado em tanque de aço carbono. Quando o cloro é úmido, poucos materiais comerciais podem lhe resistir satisfatoriamente. Em instrumentação, os materiais de interesse são: prata, tungstênio, tântalo e Hastelloy C (Haynes Stellite). O instrumento para trabalho com cloro

é também limpo, montado, calibrado e embalado em sala limpa.

O eventual liquido de enchimento é também isento de hidrogênio e tipicamente se usa o FLUOROLUBE.

A seleção da válvula que manipula cloro é controversa. A filosofia da pratica de proteção, porem, é comum a vários processos corrosivos. Ou se usam equipamentos baratos com materiais pouco resistentes e tem-se manutenção e substituição freqüentes ou se usam equipamentos caríssimos com materiais resistentes, com manutenção e substituição de pecas pouco freqüentes. Aplicando-se tal filosofia na manipulação de cloro, pode-se ter: válvula barata de corpo de ferro fundido, com haste de aço inoxidável, com planejamento de substituição em curtos períodos ou válvula de Hastelloy com selo de teflon para evitar a entrada do cloro no seu interior, sem necessidade de troca de pecas ou equipamentos.

5.5. serviço com óleo com traços de enxofre

Quando um material metálico, principalmente o aço, entra em contato com carboidratos com traços de enxofre, é possível o aparecimento do acido sulfídrico (H2S). Tal produto se torna agudamente tóxico acima de 100 ppm e considerado o segundo gás comercial mais perigoso (o campeão é o acido cianídrico, HCN). Desde que 85% do petróleo do mundo, inclusive o do Brasil, possuem traços ou alta percentagem de enxofre, a manipulação segura desses materiais interessa tanto ao fabricante como ao usuário final.

Nos Estados Unidos há uma norma6 de NACE, que é um guia completo para a seleção de materiais para resistir à corrosão. Seu objetivo é o de limitar os materiais metálicos que estão diretamente expostos aos produtos de petróleo que contenham enxofre ou já o acido sulfídrico. A NACE não certifica o material, mas apenas define as especificações de alguns materiais. Embora seja custoso e demorado, novos materiais podem ser analisados. Os materiais comumente envolvidos são: aço carbono, aço inoxidável de várias classes, Monel (International Nickel), Hastelloy e Havar.

A norma se refere à construção de elementos sensores, selos, parafusos, poços termais, conjuntos distribuidores de contorno e equalização de vazão.

Os tratamentos especiais que os materiais são submetidos podem comprometer a sua resistência original. Ou seja, um parafuso construído de conformidade com a norma NACE MR-01-75, Classe I e Classe II (expostos diretamente à atmosfera nociva) tem uma menor resistência que o normal. O projetista e usuário do equipamento devem conhecer a menor resistência do parafuso e aplica-lo adequadamente.

A norma NACE MR-01-75 deve ser aplicada a todo equipamento exposto a produtos com enxofre e que fica sujeito à corrosão do tipo ruptura por tensão pelo enxofre. A ruptura do material seria extremamente perniciosa, pois impediria o equipamento de ser reparado sob pressão, tornaria perigoso qualquer sistema sob pressão e comprometeria o funcionamento básico do instrumento. A observância da norma evita o aparecimento da corrosão tipo ruptura por tensão do enxofre. O equipamento construído com material de conformidade com a norma deverá ser marcado com "NACE MR-01-75".

6. Conclusão

Deve haver harmonia e cooperação entre todas as etapas por onde caminha o instrumento: especificação, fabricação e aplicação. O projetista da planta, o fornecedor do instrumento e o usuário final devem todos desempenhar a sua parte na busca da solução dos problemas apresentados por processos marginais. Qualquer falha em alguma etapa resulta em prejuízos a todos os envolvidos.

Existem muitas normas uniformizando procedimentos, definindo testes e distribuindo responsabilidades. Não existe uma norma melhor ou mais segura que outra, qualquer que seja sua origem. Qualquer norma, coerentemente seguida, é suficiente para prover a segurança do sistema.

O sucesso da busca de segurança e resistência à corrosão dos instrumentos é determinado apenas pelo nível de comunicação e cooperação que possa e deva existir entre firmas de engenharia, fabricantes e usuários.

7. Referências bibliográficas

7.1. IEC (International Electrotechnical Commission), Classification of Degrees of Protection Provided by Enclosures, Pbu. 529.

7.2. NEMA (National Electrical Manufacturers Association), Enclosures for Industrial Controls and Systems, Pub. ICS 6-1978.

7.3. CURREN, W.J., Instrument Corrosion, Proceedings ISA Conference and Exhibit, Anaheim, CA, Oct. 6-8, 1981.

7.4.PERRY'S CHEMICAL ENGINEERS HANDBOOK, 3rd.ed., Mc Graw Hill, 1950.

7.5. NOON D.W., CURREN, W.J. & MARTIN, J.R., Field Evaluation of Circuit Board Coatings, Proceedings ISA Conference and Exhibit, Anaheim, CA, Oct. 6-8, 1981.

7.6. NACE (National Association of Corrosion Engineers), Material Requirement - Sulfide Stress Cracking Resistant Metallic Material for Oil Field Equipment, MR-01-75.